

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

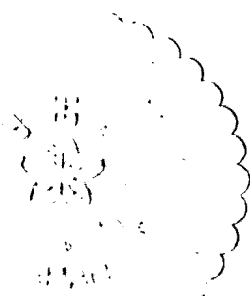
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    3 月 2 3 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 2 2 8 8 7  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 1 2 2 8 8 7 ]

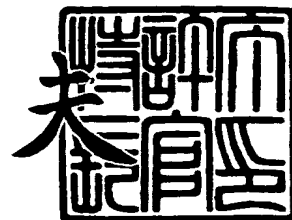
出      願      人                      ソニー株式会社  
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 2 月 1 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0390259402

【提出日】 平成15年 3月23日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G06N 3/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号ソニー株式会社内

    【氏名】 森平 智久

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号日本ファクトリー  
オートメーション株式会社内

    【氏名】 田村 誠司

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100082740

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 田辺 恵基

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 048253

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9709125

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ロボット装置及びその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

安全空間における危険状況を検出する危険状況検出手段と、  
上記安全空間の容積を測定する容積測定手段と、  
上記危険状況検出手段により検出された上記危険状況及び上記第 2 のセンサ手段により測定された上記安全空間の容積に応じて、所定の対処動作を実行するための制御処理を行う制御手段と  
を具えることを特徴とするロボット装置。

【請求項 2】

上記制御手段は、  
上記対処動作と併せて、上記危険状況をユーザに教示する教示動作を実行するための制御処理を行う  
ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 3】

上記制御手段は、  
上記危険状況の段階に応じて、上記ロボット装置の機体保全を考慮した上記対処動作を実行するための制御処理を行う  
ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 4】

上記制御手段は、  
上記危険状況の段階に応じて、上記ロボット装置の機体保全よりもユーザの安全を優先した上記対処動作を実行するための制御処理を行う  
ことを特徴とする請求項 3 に記載のロボット装置。

【請求項 5】

移動型のロボット装置の制御方法において、  
安全空間における危険状況を検出すると共に、上記安全空間の容積を測定する  
第 1 のステップと、

検出した上記危険状況及び測定した上記安全空間の容積に応じて、所定の対処動作をロボット装置に実行させる第 2 のステップと

を具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

**【請求項 6】**

上記第 2 のステップでは、

上記対処動作と併せて、上記危険状況をユーザに教示する教示動作を上記ロボット装置に実行させる

ことを特徴とする請求項 5 に記載のロボット装置の制御方法。

**【請求項 7】**

上記第 2 のステップでは、

上記危険状況の段階に応じて、上記ロボット装置の機体保全を考慮した上記対処動作を上記ロボット装置に実行させる

ことを特徴とする請求項 5 に記載のロボット装置の制御方法。

**【請求項 8】**

上記第 2 のステップでは、

上記危険状況の段階に応じて、上記ロボット装置の機体保全よりもユーザの安全を優先した上記対処動作を上記ロボット装置に実行させる

ことを特徴とする請求項 7 に記載のロボット装置の制御方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【0 0 0 1】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、ロボット装置及びその制御方法に関し、例えばヒューマノイド型ロボットに適用して好適なものである。

**【0 0 0 2】**

**【従来の技術】**

従来、工業用ロボットのほとんどは定置設置型として構築されている。このため従来の工業用ロボットでは、対人的な安全対策として、その周囲の環境に危険検出用のセンサを設け、又はその周囲に防壁を設置し若しくは進入禁止空間を設けるなどの方法が用いられている。

**【0003】**

また工業用ロボットは、通常、安定した状態で設置されていることから、例えば危険状態が発生した場合の対処としては単にロボットの動作の即時停止で足り、ロボット自体の保全を考慮する必要はない。

**【0004】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、自律的に移動し行動するヒューマノイド型のエンターテインメントロボットを考えた場合、ロボットが自己の判断によって環境内を自在に移動するために、ロボットの周囲の環境に危険検出用のセンサを設け、又はその周囲に防壁を設置し若しくは進入禁止空間を設けるなどの方法は適用することができない。

**【0005】**

またかかるエンターテインメントロボットでは、危険を検知した場合に単にその動作を即時停止するだけでは、ロボットがバランスを崩して転倒し、これにより破損等を生じさせる問題もあり、対人的な安全対策だけではなく、ロボットの機体保全対策についても講ずる必要がある。

**【0006】**

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、安全性を格段的に向上させ得るロボット装置及びその制御方法を提案しようとするものである。

**【0007】****【課題を解決するための手段】**

かかる課題を解決するため本発明においては、ロボット装置において、安全空間における危険状況を検出する危険状況検出手段と、安全空間の容積を測定する容積測定手段と、危険状況検出手段により検出された危険状況及び第2のセンサ手段により測定された安全空間の容積に応じて、所定の対処動作を実行するための制御処理を行う制御手段とを設けるようにした。

**【0008】**

この結果このロボット装置では、危険状況が発生したときや発生する前に、当該危険状況に応じた対処動作を実行することができる。

**【 0 0 0 9 】**

また本発明においては、安全空間における危険状況を検出すると共に、安全空間の容積を測定する第 1 のステップと、検出した危険状況及び測定した安全空間の容積に応じて、所定の対処動作をロボット装置に実行させる第 2 のステップとを設けるようにした。

**【 0 0 1 0 】**

この結果このロボット装置の制御方法によれば、危険状況が発生したときや発生する前に、当該危険状況に応じた対処動作をロボット装置に実行させることができる。

**【 0 0 1 1 】****【発明の実施の形態】**

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

**【 0 0 1 2 】**

(1) 本実施の形態によるロボット 1 の全体構成

図 1 及び図 2 において、1 は全体として本実施の形態によるロボットを示し、胴体部ユニット 2 の上部に首部 3 を介して頭部ユニット 4 が連結されると共に、当該胴体部ユニット 2 の上部左右両側面にそれぞれ腕部ユニット 5 A、5 B が連結され、かつ当該胴体部ユニット 2 の下部に一对の脚部ユニット 6 A、6 B が連結されることにより構成されている。

**【 0 0 1 3 】**

この場合、首部 3 は、図 3 に示すように、首関節ピッチ軸 1 0 回り、首関節ヨー軸 1 1 回り及び首関節ピッチ軸 1 2 回りの自由度を有する首関節機構部 1 3 により保持されている。また頭部ユニット 4 は、この首部 3 の先端部に図 3 のように首部ロール軸 1 4 回りの自由度をもって取り付けられている。これによりこのロボット 1 においては、頭部ユニット 4 を前後、左右及び斜めの所望方向に向かせることができるようになされている。

**【 0 0 1 4 】**

また各腕部ユニット 5 A は、図 1 及び図 2 において明らかなように、上腕部ブロック 1 5、前腕部ブロック 1 6 及び手先部ブロック 1 7 の 3 つのブロックから

構成され、上腕部ブロック 15 の上端部が図 3 のように肩ピッチ軸 18 回り及び肩ロール軸 19 回りの自由度を有する肩関節機構部 20 を介して胴体部ユニット 2 に連結されている。

#### 【0015】

このとき前腕部ブロック 16 は、図 3 のように上腕部ブロック 15 に上腕ヨー軸 21 回りの自由度をもって連結されている。また手先部ブロック 17 は、図 3 のように前腕部ブロック 16 に手首ヨー軸 22 回りの自由度をもって連結されている。さらに前腕部ブロック 16 には、肘ピッチ軸 23 回りの自由度を有する肘関節機構部 24 が設けられている。

#### 【0016】

これによりロボット 1 においては、これら腕部ユニット 5A、5B を全体としてほぼ人間の腕部と同様の自由度をもって動かすことができ、かくして片手を上げた挨拶や腕部ユニット 5A、5B を振り回すダンスなどの当該腕部ユニット 5A、5B を用いた各種行動を行い得るようになされている。

#### 【0017】

さらに手先部ブロック 17 の先端部には、5本の指部 25 がそれぞれ屈曲及び伸長自在に取り付けられており、これによりこれら指部を使って物を摘んだり、把持することができるようになされている。

#### 【0018】

他方、各脚部ユニット 6A、6B は、図 1 及び図 2 において明らかなように、大腿部ブロック 30、脛部ブロック 31 及び足平部ブロック 32 の3つのブロックから構成され、大腿部ブロック 30 の上端部が図 3 のように股関節ヨー軸 33 回り、股関節ロール軸 34 回り及び股関節ピッチ軸 35 回りの自由度を有する股関節機構部 36 を介して胴体部ユニット 2 に連結されている。

#### 【0019】

このとき大腿部ブロック 30 及び脛部ブロック 31 は、図 3 のように脛ピッチ軸 37 回りの自由度を有する膝関節機構部 38 を介して連結されると共に、脛ブロック 31 及び足平ブロック 32 は、図 3 のように足首ピッチ軸 39 回り及び足首ロール軸 40 回りの自由度を有する足首関節機構部 41 を介して連結されてい

る。

#### 【0020】

これによりロボット1においては、これら脚部ユニット6A、6Bを人間の脚部とはほぼ同様の自由度をもって動かすことができ、かくして歩行やボールを蹴るなどの脚部ユニット6A、6Bを用いた各種行動を行い得るようになされている。

#### 【0021】

なおこのロボット1の場合、各股関節機構部36は、図3のように体幹ロール軸42回り及び体幹ピッチ軸43回りの自由度を有する腰関節機構部44により支持されており、これにより胴体部ユニット2を前後、左右方向に自在に傾かせることもできるようになされている。

#### 【0022】

ここでロボット1においては、上述のように頭部ユニット4、各腕部ユニット5A、5B、各脚部ユニット6A、6B及び胴体部ユニット2を動かすための動力源として、図4に示すように、首関節機構部13及び肩関節機構部20等の各関節機構部を含む各自由度を有する部位に、それぞれその自由度数分のアクチュエータA<sub>1</sub>～A<sub>17</sub>が配設されている。なおこのアクチュエータA<sub>1</sub>～A<sub>17</sub>は、ケース内部にICチップ化された演算回路や駆動電流値を検出する電流検出器等が設けられたものであり、外部機器との通信機能等をも有するものである（例えば特願2000-38097号参照）。

#### 【0023】

また胴体部ユニット2には、当該ロボット1全体の動作制御を司るメイン制御部50と、電源回路及び通信回路などの周辺回路51と、バッテリー52（図5）となどが収納されると共に、各構成ユニット（胴体部ユニット2、頭部ユニット4、各腕部ユニット5A、5B及び各脚部ユニット6A、6B）内には、それぞれメイン制御部50と電氣的に接続されたサブ制御部53A～53Dが収納されている。

#### 【0024】

さらに頭部ユニット4には、図5に示すように、このロボット1の「目」とし



て機能する一対の CCD (Charge Coupled Device) カメラ 60A、60B 及び「耳」として機能するマイクロホン 61 などの各種外部センサと、「口」として機能するスピーカ 62 となどがそれぞれ所定位置に配設されている。また各脚部ユニット 6A、6B における足平部ブロック 32 の裏面等の各所定部位には外部センサとしてのタッチセンサ 63 が配設されている。

#### 【0025】

さらに胴体部ユニット 2 内には、バッテリーセンサ 64 及び加速度センサ 65 などの各種内部センサが配設されると共に、各構成ユニット内には、それぞれ各アクチュエータ A<sub>1</sub>～A<sub>17</sub> にそれぞれ対応させて、対応するアクチュエータ A<sub>1</sub>～A<sub>17</sub> の出力軸の回転角度を検出する内部センサとしてのポテンショメータ P<sub>1</sub>～P<sub>17</sub> が設けられている。

#### 【0026】

そして各 CCD カメラ 60A、60B は、周囲の状況を撮像し、得られた画像信号 S<sub>1A</sub> をサブ制御部 53B (図 5 において図示せず) を介してメイン制御部 50 に送出する一方、マイクロホン 61 は、各種外部音を集音し、かくして得られた音声信号 S<sub>1B</sub> をサブ制御部 53B を介してメイン制御部 50 に送出する。

#### 【0027】

また各タッチセンサ 63 は、ユーザからの物理的な働きかけや、外部との物理的な接触を検出し、検出結果を圧力検出信号 S<sub>1C</sub> として対応するサブ制御部 53A～53D (図 5 において図示せず) を介してメイン制御部 50 に送出する。

#### 【0028】

さらにバッテリーセンサ 64 は、バッテリー 52 のエネルギー残量を所定周期で検出し、検出結果をバッテリー残量信号 S<sub>2A</sub> としてメイン制御部 50 に送出する一方、加速度センサ 65 は、3 軸 (x 軸、y 軸及び z 軸) の加速度を所定周期で検出し、検出結果を加速度検出信号 S<sub>2B</sub> としてメイン制御部 50 に送出する。

#### 【0029】

さらに各ポテンショメータ P<sub>1</sub>～P<sub>17</sub> は、対応するアクチュエータ A<sub>1</sub>～A<sub>17</sub> の出力軸の回転角度を検出し、検出結果を所定周期で角度検出信号 S<sub>2C<sub>1</sub></sub>～S<sub>2C<sub>17</sub></sub> として対応するサブ制御部 53A～53D を介してメイン制御部 5

0 に送出する。また各アクチュエータ  $A_1 \sim A_{17}$  は、その内部に設けられた上述の電流検出器により検出された駆動電流値に基づいて自己の出力トルクを算出し、算出結果を出力トルク検出信号  $S2D_1 \sim S2D_{17}$  として対応するサブ制御部 53A $\sim$ 53D を介してメイン制御部 50 に送出する。

#### 【0030】

メイン制御部 50 は、CCD カメラ 60A、60B、マイクロホン 61 及び各タッチセンサ 63 等の各種外部センサからそれぞれ供給される画像信号  $S1A$ 、音声信号  $S1B$  及び圧力検出信号  $S1C$  等の外部センサ信号  $S1$  と、バッテリーセンサ 64、加速度センサ 65 及び各ポテンシオメータ  $P_1 \sim P_{17}$  等の各種内部センサからそれぞれ供給されるエネルギー残量信号  $S2A$ 、加速度検出信号  $S2B$  及び各角度検出信号  $S2C_1 \sim S2C_{17}$  や、各アクチュエータ  $A_1 \sim A_{17}$  からそれぞれ供給される出力トルク検出信号  $S2D_1 \sim S2D_{17}$  などの内部センサ信号  $S2$  とに基づいて、ロボット 1 の外部及び内部の状態や、ユーザの物理的な働きかけの有無等を判断する。

#### 【0031】

そしてメイン制御部 50 は、この判断結果と、予め内部メモリ 50A に格納されている制御プログラムと、そのとき装填されている外部メモリ 66 に格納されている各種制御パラメータとなどに基づいて続くロボット 1 の行動を決定し、当該決定結果に基づく制御コマンドを対応するサブ制御部 53A $\sim$ 53D (図 4) に送出する。

#### 【0032】

この結果、この制御コマンドに基づき、そのサブ制御部 53A $\sim$ 53D の制御のもとに、対応するアクチュエータ  $A_1 \sim A_{17}$  が駆動され、かくして頭部ユニット 4 を上下左右に揺動させたり、腕部ユニット 5A、5B を上に上げたり、歩行するなどの各種行動がロボット 1 により発現される。

#### 【0033】

このようにしてこのロボット 1 においては、外部及び内部の状況等に基づいて自律的に行動することができるようになされている。

#### 【0034】

## (2) 行動生成に関するメイン制御部 5 0 の処理内容

次に、行動生成に関するメイン制御部 5 0 の処理内容について説明する。

### 【0 0 3 5】

このロボット 1 の行動生成に関するメイン制御部 5 0 の処理内容を機能的に分類すると、図 6 に示すように、外部センサ及び内部センサのセンサ出力に基づいて外部及び内部の状態を認識する状態認識部 7 0 と、状態認識部 7 0 の認識結果に基づいてロボット 1 の次の行動を決定する行動決定部 7 1 と、行動決定部 7 1 により選択及び決定された行動をロボット 1 に発現される行動生成部 7 2 とに分けることができる。

### 【0 0 3 6】

この場合、状態認識部 7 0 は、各種外部センサから与えられる外部センサ信号 S 1 と、各種内部センサから与えられる内部センサ信号 S 1 とに基づいて特定の状態を認識し、認識結果を状態認識情報 S 1 0 として行動決定部 7 1 に通知する。

### 【0 0 3 7】

實際上、状態認識部 7 0 は、CCD カメラ 6 0 A、6 0 B (図 5) から与えられる画像信号 S 1 A に基づいて当該 CCD カメラ 6 0 A、6 0 B の撮像範囲内に存在する人間の顔の認識及び識別処理や、障害物の存在及びステレオ計測法による当該障害物までの距離計測処理等の各種画像処理を行い、これら認識結果を行動決定部 7 1 に通知する。

### 【0 0 3 8】

また状態認識部 7 0 は、マイクロホン 7 1 (図 5) から与えられる音声信号 S 1 B を常時監視し、当該音声信号 S 1 B に基づき検出される各種入力音に対する認識結果や、音声信号 S 1 B に含まれるユーザ等の発した言葉を単語単位で認識し、これら認識結果を行動決定部 7 1 に通知する。

### 【0 0 3 9】

さらに状態認識部 7 0 は、各タッチセンサ 6 3 (図 5) から与えられる圧力検出信号 S 1 C に基づいて、ユーザからの物理的な働きかけや、ユーザ又は他の外部の有体物との物理的な接触を認識し、これら認識結果を行動決定部 7 1 に通知

する。

#### 【 0 0 4 0 】

さらに状態認識部 7 0 は、バッテリーセンサ 6 4 (図 5) や加速度センサ 6 5 (図 5) 等の各種内部センサから与えられるエネルギー残量検出信号 S 2 A 及び加速度検出信号 S 2 B 等の内部センサ信号 S 2 に基づいて、バッテリー 5 2 のエネルギー残量やロボット 1 の姿勢及び状態を認識し、これら認識結果を行動決定部 7 1 に通知する。

#### 【 0 0 4 1 】

行動決定部 7 1 は、外部及び内部の状況に応じてロボット 1 の次の行動を決定する状況依存行動決定モジュールと、外部又は内部の状況に応じて反射的な行動をロボット 1 の次の行動として決定する反射行動決定モジュールとを有し、状態認識部 7 0 から与えられる状態認識情報 S 1 0 に基づきこれら状況依存行動決定モジュール又は反射行動決定モジュールにより決定された行動を行動決定情報 S 1 1 として行動生成部 7 2 に通知する。

#### 【 0 0 4 2 】

行動生成部 7 2 は、行動決定部 7 1 から与えられる行動決定情報 S 1 1 に基づいて、対応するサブ制御部 5 3 A ~ 5 3 D (図 4) を介して必要なアクチュエータ A 1 ~ A 1 7 に駆動信号 S 1 2 を送出したり、スピーカ 6 2 に必要な音声信号 S 3 を送出したり、頭部ユニット 4 における「目」の位置等に配設された図示しない LED (Light Emitting Diode) に LED 駆動信号 S 1 3 を送出する。

#### 【 0 0 4 3 】

これにより行動生成部 7 2 は、この駆動信号 S 1 2 に基づいて必要なアクチュエータ A 1 ~ A 1 7 を所定状態に駆動させたり、音声信号 S 3 に基づく音声をスピーカ 6 2 から出力させたり、LED 駆動信号 S 1 3 に基づく点滅パターンで LED を点滅させる。

#### 【 0 0 4 4 】

このようにしてメイン制御部 5 0 は、ロボット 1 に所望の行動を発現させ得るようになされている。

**【 0 0 4 5 】****(3) ロボット 1 における安全対策****(3-1) 安全監視部 7 3 による安全監視**

次に、このロボット 1 に講じられた対人用、対物用及び機体保全用の安全対策について説明する。

**【 0 0 4 6 】**

このロボット 1 においては、各関節機構部（首関節機構部 1 3、肩関節機構部 2 0、肘関節機構部 2 4、股関節機構部 3 6、膝関節機構部 3 8 及び足首関節機構部 4 1 等）を含む機体の随所にユーザの指の挟み込みや、外部物体との接触等を検出するためのタッチセンサ 6 3（図 5）が設けられており、これらタッチセンサ 6 3 によりユーザの指の挟み込みや外部物体との接触等を検出したときには、そのときのロボット 1 の姿勢や状態等に応じて、機体保全をも考慮しながら図 6 に示すメイン制御部 5 0 の安全監視部 7 3 が適切な対処動作をロボット 1 に実行させるようになされている。

**【 0 0 4 7 】**

實際上、このロボット 1 の場合、図 7～図 9 に示すように、各腕部ユニット 5 A、5 B におけるわきの下及び左肘内側と、各脚部ユニット 6 A、6 B における大腿部ブロック 3 0 及び脛部ブロック 3 1 の各内側と、各脚部ユニット 6 A、6 B における大腿部ブロック 3 0 の裏面下端部とには、それぞれ安全対策用のタッチセンサ 6 3 として面接触スイッチ 6 3 F<sub>1</sub>～6 3 F<sub>5</sub> が配設されている。

**【 0 0 4 8 】**

またロボット 1 における左右の肩部と、各脚部ユニット 6 A、6 B における大腿部ブロック 3 0 及び脛部ブロック 3 1 の各前面側と、各脚部ユニット 6 A、6 B における大腿部ブロック 3 0 の上端部外側と、各脚部ユニット 6 A、6 B における足平部ブロック 3 2 の上面外側とには、それぞれ安全対策用のタッチセンサ 6 3 としてタクトスイッチ 6 3 T<sub>1</sub>～6 3 T<sub>4</sub> が配設されている。

**【 0 0 4 9 】**

そして安全監視部 7 3 は、これら面接触スイッチ 6 3 F<sub>1</sub>～6 3 F<sub>5</sub> 及びタクトスイッチ 6 3 T<sub>1</sub>～6 3 T<sub>4</sub> からそれぞれ出力される圧力検出信号 S 1 C（図

5)を入力し、これら圧力検出信号 S1C に基づき、図 10 に示す安全監視処理手順 RT1 に従って、ユーザの指の挟み込みや外部物体との接触等を検出したときには、そのときのロボット 1 の姿勢や状態等を考慮しながら適切な対処処理を実行する。

#### 【0050】

すなわち安全監視部 73 は、ロボット 1 の電源が投入されるとこの安全監視処理手順 RT1 をステップ SP0 において開始し、続くステップ SP1 において各タッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) からそれぞれ与えられる各圧力検出信号 S1C のデータ値を取り込む。

#### 【0051】

また安全監視部 73 は、続くステップ SP2 において、ステップ SP1 において取り込んだ各圧力検出信号 S1C のデータ値に基づいて、いずれかのタッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) が作動したか否かを判断し、否定結果を得るとステップ SP1 に戻って、この後ステップ SP1-SP2-SP1 のループを繰り返す。

#### 【0052】

そして安全監視部 73 は、やがていずれかのタッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) が押圧操作されて作動したことを認識することによりステップ SP2 において肯定結果を得ると、ステップ SP3 に進んで、このときのロボット 1 の状態及び姿勢と、作動したタッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) の位置となどに応じて、ロボット 1 の機体保全を考慮しながら、例えば行動決定部 71 を制御してロボット 1 の動作を停止させるなど、その状況に最適な対処動作をロボット 1 に実行させる。

#### 【0053】

また安全監視部 73 は、この後ステップ SP4 に進んで、かかる作動したタッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) からの圧力検出信号 S1C に基づいて安全となったか否か (例えばそのタッチセンサ 63 の作動が停止したか否か) を判断し、否定結果を得るとステップ SP3 に戻って、この後ステップ SP4 において肯定結果を得るまでステップ SP3-SP4-SP3 のル

ープを繰り返す。

#### 【0054】

そして安全監視部 73 は、やがてかかるタッチセンサ 63 の作動が停止したことを確認することによりステップ SP4 において肯定結果を得ると、ステップ SP1 に戻って、この後ステップ SP1 ～ステップ SP4 について、同様の処理を繰り返す。

#### 【0055】

このようにして安全監視部 73 は、タッチセンサ 63 からの圧力検出信号 S1C に基づき指の挟み込みに起因するユーザの怪我の発生や、ロボット 1 の機体と外部物体との接触に起因する当該外部物体及び又は機体の破損等を未然かつ有効に防止させ得るようになされている。

#### 【0056】

(3-2) 対処動作実行時における安全監視部 73 の処理

ここで實際上、安全監視部 73 は、安全監視処理手順 RT1 のステップ SP3 における対処動作を図 11 に示す対処動作実行処理手順 RT2 に従ってロボット 1 に実行させる。

#### 【0057】

すなわち安全監視部 73 は、安全監視処理手順 RT1 (図 10) のステップ SP2 において肯定結果を得ると、ステップ SP3 に進んで図 11 の対処動作実行処理手順 RT2 をステップ SP10 において開始し、続くステップ SP11 において、各タッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) からそれぞれ与えられる圧力検出信号 S1C に基づいて、そのとき作動したタッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) を特定する。

#### 【0058】

続いて安全監視部 73 は、ステップ SP12 に進んで、行動決定部 71 (図 6) から逐次通知される現在ロボット 1 が発現している行動と、各ポテンショメータ P<sub>1</sub>～P<sub>17</sub> (図 5) から与えられる角度検出信号 S2C<sub>1</sub>～S2C<sub>17</sub> (図 5) と、各アクチュエータ A<sub>1</sub>～A<sub>17</sub> (図 5) から与えられる出力トルク検出信号 S2D<sub>1</sub>～S2D<sub>17</sub> (図 5) となどに基づいて、そのタッチセンサ 63 (

63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>)の作動が有効なものであるか否かを判断する。

#### 【0059】

すなわち、例えばロボット1が仰向けに寝ている状態で脚部ユニット6A、6Bにおける大腿部ブロック30のタクトスイッチ63T<sub>2</sub>(図7)が押圧された場合や、ロボット1が各腕部ユニット5A、5Bを動かしていない状態で肩部のタクトセンサ63T<sub>1</sub>が押圧された場合には、ユーザの指が膝関節機構部38(図1)や肩関節機構部20(図1)に挟み込まれる可能性はほとんどなく、従ってこのような場合には、かかるタクトスイッチ63T<sub>2</sub>、63T<sub>1</sub>の作動を無視しても問題はないものと考えられる。

#### 【0060】

またロボット1が肘関節機構部24(図1)を動かしている状態において面接触スイッチ63F<sub>2</sub>(図7及び図8)が押圧された場合にあっては、肘関節機構部24のアクチュエータA<sub>8</sub>の出力トルクが極めて小さく、かつこれ以上肘関節機構部24を曲げる予定がない場合には、かかる面接触スイッチ63F<sub>2</sub>の作動を無視しても問題はないものと考えられる。

#### 【0061】

これに対してロボット1が歩行している状態において、脚部ユニット6A、6Bの大腿部ブロック30や脛部ブロック31がユーザや外部物体と接触するなどしてこれら大腿部ブロック30又は脛部ブロック31のタクトスイッチ63T<sub>2</sub>、63T<sub>3</sub>(図7及び図8)が押圧された場合にあって、股関節機構部36のアクチュエータA<sub>12</sub>～A<sub>14</sub>の出力トルクが強く、さらに以上脚部ユニット6A、6Bを伸ばす予定がある場合には、かかるタクトスイッチ63T<sub>2</sub>、63T<sub>3</sub>の作動を無視すべきではない。

#### 【0062】

そこでこのロボット1の場合、安全監視部73は、いずれかのタッチセンサ63(63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>)が作動した場合に、このようなロボット1の姿勢や状態を含めてその作動が有効か否か、すなわちそのときのロボット1の姿勢や状態を勘案した場合にユーザがその箇所において指を挟まれて



怪我をしたり、外部物体や機体が破損する等の状況（以下、これを危険状況と呼ぶ）が発生する可能性があるか否かを判断する。

#### 【0 0 6 3】

そして安全監視部 7 3 は、かかるタッチセンサ（6 3 F<sub>1</sub>～6 3 F<sub>5</sub>、6 3 T<sub>1</sub>～6 3 T<sub>4</sub>）の作動が有効でない、すなわちそのときのロボット 1 の姿勢や状態を勘案した場合にユーザがその箇所において指を挟まれて怪我をしたり、外部物体や機体が破損する危険性がないと判断した場合には、ステップ S P 1 6 に進んでこの対処動作実行処理手順 R T 2 を終了し、この後安全監視処理手順 R T 1（図 1 1）のステップ S P 4 に進む。

#### 【0 0 6 4】

これに対して安全監視部 7 3 は、かかるタッチセンサ 6 3（6 3 F<sub>1</sub>～6 3 F<sub>5</sub>、6 3 T<sub>1</sub>～6 3 T<sub>4</sub>）の作動が有効でない、すなわちそのときのロボット 1 の姿勢や状態を勘案した場合にユーザがその箇所において指を挟まれて怪我をしたり、外部物体や機体が破損する危険性があると判断した場合には、ステップ S P 1 3 に進んで作動箇所の安全空間の容積が十分に大きいかな否かを判断する。

#### 【0 0 6 5】

なお、ここでは『安全空間』を、例えばロボット 1 からユーザまでの空間や、ロボット 1 の関節機構部における第 1 及び第 2 のリンクが形成する空間など、ユーザが指を挟み、又はロボット 1 の機体が外部物体と接触する危険性がある空間と仮に定義し、その『容積』を、ロボット 1 の関節機構部における第 1 及び第 2 のリンクの角度、又はロボット 1 の関節機構部における第 1 及び第 2 のリンクが挟み込むトルクの大きさなどの当該安全空間の大きさを定量的に表す尺度（距離、角度、トルク等）と仮に定義する。ただし、これらの定義はここでの理解し易くするためのものであり、『安全空間』等についてのより本質的な説明は後述する。

#### 【0 0 6 6】

かくして安全監視部 7 3 は、ステップ S P 1 3 において、作動したタッチセンサ 6 3（6 3 F<sub>1</sub>～6 3 F<sub>5</sub>、6 3 T<sub>1</sub>～6 3 T<sub>4</sub>）と対応する『安全空間』の『容積』を、対応するポテンショメータ P<sub>1</sub>～P<sub>17</sub>から与えられる角度検出信

号 S2C1～S2C17（図5）及び対応するアクチュエータ A1～A17（図5）から与えられる出力トルク検出信号 S2D1～S2D17に基づいて検出する。

#### 【0067】

また安全監視部73は、この検出結果に基づいて、かかる『安全空間の容積』が、十分に安全な範囲であるとして予め定められた第1の閾値未満であった場合には、ステップSP16に進んでこの対処動作実行処理手順RT2を終了し、この後安全監視処理手順RT1（図10）のステップSP4に進む。

#### 【0068】

これに対して安全監視部73は、かかる『安全空間の容積』が第1の閾値以上であった場合には、ステップSP14に進んで当該『安全空間の容積』からそのときの『危険重度』を算出する。

#### 【0069】

ここで『危険重度』とは、危険の程度と仮に定義する。ただし、この定義もここでの理解を容易にするためのものであり、『危険重度』についてのより本質的な説明も後述する。本実施の形態によるロボット1では、この『危険重度』が段階的に、上述した『安全空間の容積』の大きさが第1の閾値未満である無視段階を含めて、『安全空間の容積』の大きさが想定危険状況に対してその部位の動きを即時停止させることを要する緊急段階と、『安全空間の容積』の大きさがこれよりも小さく、即時停止に加えてさらに対応する関節機構部を広げるといった、その危険状況を回避するための回避動作を要する回避段階と、『安全空間の容積』の大きさが無視段階及び緊急段階の間の大きさである警戒段階との4つの段階に分けられている。

#### 【0070】

そして安全監視部73は、ステップSP13において検出した『安全空間の容積』の大きさが警戒段階、緊急段階及び回避段階のいずれであるかを、各種『安全空間の容積』についてそれぞれ予め設定された警戒段階及び緊急段階の各上限値（警戒段階及び緊急段階間の閾値、緊急段階及び回避段階間の閾値）に基づいて判断する。

## 【0 0 7 1】

そして安全監視部 7 3 は、この後ステップ S P 1 5 に進んで、作動したタッチセンサ 6 3 ( 6 3 F 1 ~ 6 3 F 5、6 3 T 1 ~ 6 3 T 4 ) に対応する『安全空間』の位置、ステップ S P 1 4 において判断したそのときの危険重度及びそのときのロボット 1 の姿勢及び状態に応じた対処動作をロボット 1 に実行させる。

## 【0 0 7 2】

具体的に安全監視部 7 3 は、例えば作動したタッチセンサ 6 3 ( 6 3 F 1 ~ 6 3 F 5、6 3 T 1 ~ 6 3 T 4 ) が膝関節機構部 3 8 ( 図 9 ) に配設された面接触センサ 6 3 F 5 ( 図 9 ) であって、危険重度が警戒段階であり、かつロボット 1 が歩行中でその脚部ユニット 6 A、6 B を上げている場合 ( 遊脚状態にある場合 ) には、ロボット 1 の機体保全をも考慮して、その遊脚状態にある脚部ユニット 6 A、6 B が接地し、ロボット 1 の姿勢が安定した段階でロボット 1 の動きを停止させるように、行動決定部 7 1 を制御する。

## 【0 0 7 3】

これに対して安全監視部 7 3 は、例えば作動したタッチセンサ 6 3 ( 6 3 F 1 ~ 6 3 F 5、6 3 T 1 ~ 6 3 T 4 ) が膝関節機構部 3 8 に配設された面接触センサ 6 3 F 5 であって、危険重度が緊急段階であり、かつロボット 1 が歩行中でその脚部ユニット 6 A、6 B を上げている場合 ( 遊脚状態にある場合 ) には、ロボット 1 の機体保全よりも対人安全を優先させて、ロボット 1 の動きを即時停止させるように行動決定部 7 1 を制御する。

## 【0 0 7 4】

さらに安全監視部 7 3 は、例えば作動したタッチセンサ 6 3 ( 6 3 F 1 ~ 6 3 F 5、6 3 T 1 ~ 6 3 T 4 ) が膝関節機構部 3 8 に配設された面接触センサ 6 3 F 5 であって、危険重度が回避段階であり、かつロボット 1 が歩行中でその脚部ユニット 6 A、6 B を上げている場合 ( 遊脚状態にある場合 ) には、ロボット 1 の機体保全よりも対人安全を優先させて、ロボット 1 の動きを即時停止させるのみならず、その膝関節機構部 3 8 を広げさせるように行動決定部 7 1 を制御する。

## 【0 0 7 5】

このように安全監視部 73 は、作動したタッチセンサ 63 (63F<sub>1</sub>～63F<sub>5</sub>、63T<sub>1</sub>～63T<sub>4</sub>) に対応する『安全空間』の位置、そのときの危険重度及びそのときのロボット 1 の姿勢及び状態に応じて、ロボット 1 の機体保全及び対人安全を考慮しながら、そのときの危険状況に応じた対処動作をロボット 1 に実行させる。

#### 【0076】

また安全監視部 73 は、これと併せて危険状況の種別、重度、箇所などに応じて音の長さ、音の強さ及び音階パターンの組み合わせを変えながら警告音をロボット 1 に出力させたり、危険状況の種別、重度、箇所などに応じて光の色、光の強さ、明滅パターン、明滅箇所の組み合わせを変えながらロボット 1 に配設された LED を駆動させるように行動決定部 71 を制御するようにして、かかる危険状況をユーザに教示するための教示動作をロボット 1 に実行させる。

#### 【0077】

そして安全監視部 73 は、かかる危険状況に応じた対処処理を終了後、ステップ SP16 に進んでこの対処動作実行処理手順 RT1 を終了し、この後安全監視処理手順 RT1 (図 10) のステップ SP4 に進む。

#### 【0078】

(4) ロボット 1 における対人安全機能等に関する具体的構成例

次に、このロボット 1 に搭載された対人危険教示機能、危険状況及び危険状況回避機能、並びに対処動作中オ危険状況検出機能についてのポイントを列記する。上述のものと重複する部分もあるが、これらについても念のため挙げておく。

#### 【0079】

(4-1) ロボット 1 に搭載された機能

① 対人危険教示機能を有する。

(a) 教示のための(教示に利用できる)対外表現および装置の定義

② 安全空間を基とした危険状況検出および危険状況回避能力を有する(危険状況及び危険状況回避機能)

(a) 安全空間の定義

(b) 安全空間の計算方法

(c) 検出機構

(d) 対処動作

③ 対処動作中の危険状況検出

【0080】

危険状況：

- ・対人、対物において、これを損壊する状況
- ・些少から多大なもの（重度）までの包括表現
- ・また、危険状況の発生箇所も、含み、機体に即した箇所、もしくは、機体周囲の環境をも含む。

【0081】

例) ・機体の外装にはさまれて、指にあとがついた

- ・可動部に指をこすって、指をきった
- ・機体が転倒したときに、床面に傷をつけた

【0082】

(4-2) 対人危険教示機能

機体の対人、対物危険状況を外部へ解りやすく表現することで、機体を運用する。作業員へ、危険状況に関する学習を促すことができる。この繰り返しと時間経過によって、作業員がだんだんと効率よく危険状況を前方回避していく。危険状況は、機体の目的動作、作業員の目的、双方にとって不利益であるため、これを回避するで、目的達成効率が上昇する。

【0083】

(4-2-1) 教示のための（教示に利用できる）対外表現および装置の定義

① 機体デザイン・塗装

機体のデザインや塗装表現から、機体上の危険状況の発生可能性箇所を明示できる。機体に実装できるもので、危険状況を最も時間的に前方で教示できる。

【0084】

② 光

危険状況の種別、重度、箇所などにより、光の色、光の強さ、明滅パターン、明滅箇所の組み合わせを応じて変更することで、危険状況を詳細に教示する能力

が向上する。

#### 【0085】

- 例) ・危険状況が皆無であることを青色の点灯で表現
- ・危険状況が近未来発生し得ることを黄色の点灯で表現
  - ・危険状況が発生したことを、赤色の点灯で表現
  - ・危険箇所を点灯させることによる明示

#### 【0086】

#### ③ 音、音声

- i) 各国語音声により解りやすく説明することで、教示能力が向上する。
- ii) 危険状況の種別、重度、箇所などにより、音の長さ、音の強さ、音階パターン、出力箇所の組み合わせを応じて変更することで、危険状況を詳細に教示する能力が向上する。

例) 危険箇所の音声による説明

#### 【0087】

#### ④ 機体動作

危険状況の種別、重度、箇所などにより、これを回避することを、機体の動作を伴うことで、危険状況を詳細に教示する能力が向上する。

#### 【0088】

例) ・危険箇所の指先による明示（指差し指示）

- ・危険重度、状況に応じた決まった回避期待動作（状況パターンニング）
- ・より大げさな回避動作（解りやすい）

#### 【0089】

（4-3）安全空間を基とした危険状況検出および危険状況回避能力を有する

（4-3-1）安全空間の定義

機体と環境、もしくは機体の部位同士、またはこれらと検出機構の検出領域が形成する空間（環境は他の機体を含む）。このように、危険状況検出機構だけでなく、検出機構に付随する安全空間を定義することで、その危険状況の重度を表現することができる。重度が表現できると、最軽度危険状況から最重度危険状況までの間に、段階的な危険状況対処を設けることができる。段階的な危険状況対

処は、以下のような利点をもつ。

- ①危険状況を未然に防ぐ。→危険な状況に陥らない時間的前方対処ができる。
- ②検出後の対処を重度に適応したものを選択、もしくは生成できる。→多彩な状況に適切な対処を行うことができる。
- ③機体の保全を助ける。→機体の各部に急激な動作を要求せずに対処できる可能性を増やす。

#### 【 0 0 9 0 】

例) 機体の膝裏部分が指を挟み込むような状況で検出時の安全空間の大きさが、危険状況の重度を示す (図 1 2) 。

安全空間定義：腿背面と脛脛部が形成する空間

安全空間支配要素：脚の形状と検出機構から膝関節の出力角度のみで考慮

対処危険状況：挟み込み (接触時に空間が狭い状況)

検出機構：膝裏部分に対人、対物接触センサ

なお空間容積の計算は、膝関節の出力角度を用いることができる。

#### 【 0 0 9 1 】

以下のような段階的対処が可能

- ・安全空間が十分に大きい場合には、目的を優先し脚部動作を継続。
- ・安全空間が非常に小さい場合には、機体保全を放棄し脚部動作を瞬停。
- ・前述 2 つの中間的空間容積の場合は、機体保全を考慮しながら停止。

#### 【 0 0 9 2 】

安全空間は、機体の形状 (モデル) や検出したい危険状況に応じた定義が考えられる。

- ・機体モデル
- ・検出したい危険状況
- ・検出機構
- ・検出機構装備箇所

(定義を最適化することで、メモリ資源、計算資源消費を軽減し、検出誤差を低減することができる。)

#### 【 0 0 9 3 】

## 例) 対人、対物安全空間

安全空間定義：機体と対象人、対象物との間の空間

安全空間支配要素：機体と対象との距離

対処危険状況：対象が近接した時の激しい機体動作

検出機構（箇所）：対人、対物測距センサ

## 【 0 0 9 4 】

機体の作業領域外対象との間の安全空間定義例。

検出機構に非接触型のセンサを要する例。

## 【 0 0 9 5 】

## 例) 多リンク安全空間

安全空間定義：両手先の間の空間

安全空間支配要素：両手先の位置、姿勢

対処危険状況：挟み込み（接触時に空間が狭い状況）

検出機構（箇所）：腕部関節の出力トルク

多リンクにおける安全空間定義例。

## 【 0 0 9 6 】

## 例) 対環境間安全空間

安全空間定義：足首・膝・股関節と路面が形成する空間

安全空間支配要素：路面形状と足首・膝・股関節の出力角度

対処危険状況：挟み込み（接触時に空間が狭い状況）

検出機構（箇所）：対人、対物接触センサ（機体全体）

環境と機体の間の安全空間定義例。

検出機構に接触型センサを要する例。

## 【 0 0 9 7 】

## 例) 単関節角度安全空間

安全空間定義：腿背面と脛脛部が形成する空間

安全空間支配要素：脚の形状と検出機構から膝関節の出力角度

対処危険状況：挟み込み（接触時に空間が狭い状況）

検出機構（箇所）：対人、対物接触センサ（膝裏部分）



単関節の動作のみに着目できる空間定義例。

【0 0 9 8】

(4-3-2) 安全空間の計算方法

安全空間を用いることで、その大きさから危険状況の重度を算出することができる。重度との相関は、安全空間定義に依存して任意に設定してもよい。

【0 0 9 9】

・安全空間の大きさの置き換え

単純な空間容積だけでなく、検出機構などから安全空間の大きさを別の大きさに置き換えて計算できる。

【0 1 0 0】

例) 安全空間の大きさを距離へ置き換える

安全空間定義：機体と対象人、対象物との間の空間

安全空間支配要素：機体と対象との距離

対処危険状況：対象が近接した時の激しい機体動作

検出機構（箇所）：対人、対物測距センサ

【0 1 0 1】

安全空間の形成要因が、明らかに対象との距離である場合は、安全空間の大きさを対象との距離に置き換え可能。機体動作を阻害しない状況という視点からならば、距離と危険重度は反比例関係で算出できる（図 1 3）。

【0 1 0 2】

例) 安全空間の大きさを関節角度へ置き換える

安全空間定義：腿背面と脛脛部が形成する空間

安全空間支配要素：脚の形状と検出機構から膝関節の出力角度

対処危険状況：挟み込み（接触時に空間が狭い状況）

検出機構（箇所）：対人、対物接触センサ（膝裏部分）

【0 1 0 3】

安全空間の形成にひとつの関節のみが支配的である場合は、安全空間の大きさを単関節の出力角度に置き換え可能。膝関節出力角度が大きいほど空間が狭まるような場合は、出力角度と危険重度は比例関係で算出できる。

## 【0 1 0 4】

例) ・安全空間の大きさ変遷速度を対処動作に考慮する。

・安全空間の大きさの変化状況を危険重度の計算へ考慮する。

・より早く、もしくは、加速度的に安全空間が狭まっている場合は、より危険重度が高いと算出する。

## 【0 1 0 5】

(4 - 3 - 3) 検出機構

①関節トルクを検出する機構

当該動作に必要な計画トルクを逸脱した場合に危険状況と判断する機構。

## 【0 1 0 6】

例) 関節トルク検出機構

安全空間定義：両手先の間の空間

安全空間支配要素：両手先の位置，姿勢

対処危険状況：挟み込み（接触時に空間が狭い状況）

検出機構（箇所）：腕部関節の出力トルク

検出機構に関節出力トルクを要する例。

## 【0 1 0 7】

②安全空間の大きさを検出する機構

機体の形状、計画動作から、想定外の安全空間の大きさとなった場合にこれを検出する機構。

## 【0 1 0 8】

例) 安全空間の大きさから危険状況を検出する

安全空間定義：腿背面と脛脛部が形成する空間

安全空間支配要素：膝関節の現在角度

対処危険状況：

検出機構（箇所）：

機体機構上、もしくは機体動作計画、意図しないほど安全空間が小さくなった場合、機体損傷などの可能性がある。

## 【0 1 0 9】

## ③非接触型センサ

- ・ 画像
- ・ 音声
- ・ 電磁波

【0 1 1 0】

## 例) 測距センサ

安全空間定義：機体と対象人、対象物との間の空間

安全空間支配要素：機体と対象との距離

対処危険状況：対象が近接した時の激しい機体動作

検出機構（箇所）：対人、対物測距センサ

非接触型センサは、危険状況を時間的前方で検出できる。これにより危険状況を予測し、状況を回避しやすいように機体動作を選択、生成することができる。

【0 1 1 1】

## ④接触型センサ

- ・ スイッチ
- ・ 感圧
- ・ 力

【0 1 1 2】

## 例) 感圧センサ

安全空間定義：腿背面と脛脛部が形成する空間

安全空間支配要素：脚の形状と検出機構から膝関節の出力角度

対処危険状況：挟み込み（接触時に空間が狭い状況）

検出機構（箇所）：感圧センサ（膝裏部分）

膝裏へ感圧センサを装備した例。関節部への挟み込み可能性など、直接的な危険状況を検出できる。

【0 1 1 3】

## (4 - 3 - 4) 対処動作

検出機構と安全空間の相関考慮により、次のような問題に対する対処を、段階的に設計することができる。

- ・ 対人安全
- ・ 対物安全
- ・ 機体保全
- ・ アプリケーション（機体動作目的）

#### 【0 1 1 4】

##### ①安全空間の状況と対処動作の選択例

無視段階：想定危険状況に対して、安全空間に十分な余裕がある安全空間の大きさ。

警戒段階：無視段階と緊急段階の中間的安全空間の大きさ。

緊急段階：想定危険状況に対して、即時対処を要する安全空間の大きさ。

#### 【0 1 1 5】

##### ②安全空間の大きさと対処種別の相関（図 1 5）

#### 【0 1 1 6】

##### ③対処動作例

###### i) 動作続行

利点：アプリケーション（目的）有利

適用条件：危険状況から十分に遠い場合

詳細：機体動作を優先する対処

例：歩行中、膝裏の安全スイッチが検出された場合に、安全空間が十分に広がったために歩行継続を選択した。

#### 【0 1 1 7】

###### i i) 関節トルクを下げる

利点：対人対物接触衝撃緩和、機体保全

適用条件：危険状況に対して関節トルクを下げなければならない場合

詳細：関節部への挟み込み状況が検出され、かつ、安全空間が小さい場合に、挟み込んだものが、関節部へ固定されてしまうことを回避するために、関節トルクを下げた

#### 【0 1 1 8】

###### i i i) 機体動作対処方向の限定

利点：対人、対物安全、機体保全

適用条件：機体の作業領域外対象との安全空間が形成されている場合

詳細：機体の通常動作、および、危険状況回避動作において、安全空間が広がる方向へ対処動作を行う対処。

例：転倒対処動作など、緊急時対処動作に方向の違いがある場合に、安全空間が狭まる方向へ転倒しないように、機体動作の計画を前もって、選択、変更、生成した。あらかじめ想定できている対処に関して、有利な挙動を行うことができた。

例：安全空間が対人安全空間である場合に、転倒した場合、安全空間が狭まる方向へ転倒しないことで、対人安全を確保した。

#### 【0 1 1 9】

#### i v) 機体動作の限定

利点：対人、対物安全

適用条件：機体の作業領域外対象との安全空間が形成されている場合

詳細：機体の通常動作を安全空間が狭くなるほどに縮小していく対処

例：激しいダンスアプリケーションを実行中に、対人安全空間が狭まったことを検出し、ダンスアプリケーションを中断した。

例：対人安全空間の大きさに比例して、機体動作を大きいものへ選択、変更、生成した。

#### 【0 1 2 0】

#### v) ゆっくり停止

利点：対人、対物安全、機体保全

適用条件：停止しなければならない状況ではあるがそれほど緊急でない場合

詳細：機体動作をだんだんとゆるやかに停止させる対処。機体各部への負荷がない対処。次のアプリケーションへの復帰動作が円滑に行える対処。動的な機体安定状況から静的な機体安定状況への移行対処。

例：腰を下ろそうと動作しはじめた段階で、膝裏の安全スイッチが動作したため、動作をゆっくりと停止させた。

#### 【0 1 2 1】

## v i ) 回避

利点：対人

適用条件：発生が想定される危険状況、もしくは、発生した危険状況に対し、  
機体動作を伴う状況回避が必要な場合

詳細：安全空間を広げる対処。危険状況から離れる対処。

例：膝を折ったときに、膝裏の安全スイッチが動作したが、この時の安全空間  
が非常に小さかったため、膝を伸ばした。

## 【 0 1 2 2 】

## v i i ) 進入防止

利点：対人、対物安全、機体保全

適用条件：発生が想定される危険状況、もしくは、発生した危険状況に対し、  
進入を阻止しなければならない場合

詳細：安全空間を狭める対処。機体の動作、機構などを利用して、危険状況へ  
の進入を物理的に阻害する対処。

例：首関節へ手を添えようとする、ビジョンフィードバックにより手の進入  
を阻害するように、首関節が閉じる方向へ動作した。

## 【 0 1 2 3 】

## v i i i ) 進入物排除

利点：対人、対物安全、機体保全

適用条件：発生が想定される危険状況、もしくは、発生した危険状況に対し、  
進入したものを排除しなければならない場合

詳細：危険状況を検出する状況から進入物を排除する対処。

例：左の脇の下へ手を添えようとする、右手がこれを払った。

例：関節動作部分に混入したゴミを内部からの排気によって除去した。

## 【 0 1 2 4 】

## ( 4 - 3 ) 対処動作中の危険状況検出

## ①対処動作中に他の危険状況を検出した場合

- ・双方を協調対処する。
- ・どちらかより重度の高い方の対処を優先する。

**【 0 1 2 5 】**

②対処動作中により重度の低い危険状況を検出した場合

- ・ 現行対処と同時に対処を行う。
- ・ 無視する。

(重度の高いものがより包括的な対処を設計されている)

**【 0 1 2 6 】**

(5) 本実施の形態の動作及び効果

以上の構成において、このロボット 1 では、機体の随所に配設された安全対策用の各タッチセンサ 6 3 ( 6 3 F<sub>1</sub> ~ 6 3 F<sub>5</sub>、6 3 T<sub>1</sub> ~ 6 3 T<sub>4</sub> ) 等によって、関節機構部におけるユーザの指の挟み込みや外部物体との接触等の危険状況を検出し、当該検出した危険状況に応じて適切な対処動作を実行する。

**【 0 1 2 7 】**

従って、このロボット 1 では、例えばユーザが誤って関節機構部に指を挟まれて怪我をするといった事故や、機体が外部物体と接触することによる当該機体及び又は外部物体の破損するといった事故等が発生することを未然にかつ有効に防止できる。

**【 0 1 2 8 】**

またこの場合において、ロボット 1 は、かかる危険状況における対処動作を自己の機体保全をも考慮しながら実行するようにしているため、転倒等に起因する機体の破損の発生をも有効に防止することができる。

**【 0 1 2 9 】**

以上の構成によれば、機体の随所に配設された安全対策用の各タッチセンサ 6 3 ( 6 3 F<sub>1</sub> ~ 6 3 F<sub>5</sub>、6 3 T<sub>1</sub> ~ 6 3 T<sub>4</sub> ) 等によって、関節機構部におけるユーザの指の挟み込み等の危険状況を検出し、当該検出した危険状況に応じて適切な対処動作を実行するようにしたことにより、ユーザが誤って怪我をするといった事故や、機体が外部物体と接触することによる当該機体及び又は外部物体の破損するといった事故の発生を未然にかつ有効に防止することができ、かくして安全性を格段的に向上させ得るロボットを実現できる。

**【 0 1 3 0 】**

#### (6) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、本発明を図 1 ～図 5 のように構成されたヒューマノイド型のロボット 1 に適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の形態のロボット装置に広く適用することができる。

##### 【0 1 3 1】

また上述の実施の形態においては、安全対策用のタッチセンサ 6 3 を、ロボット 1 の機体における図 7 ～図 9 について説明した箇所に設けるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、これらに代えて又は加えてさらに別の箇所に設けるようにしても良い。

##### 【0 1 3 2】

さらに上述の実施の形態においては、安全空間における危険状況の発生の有無を検出する危険状況検出手段として、タッチセンサ 6 3 を適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、安全空間の定義に応じてこの他種々の手段を広く適用することができる。例えば安全空間がユーザや外部物体までの空間である場合には、画像認識器などを含む何らかの前方検出手段を適用することができる。

##### 【0 1 3 3】

さらに上述の実施の形態においては、安全空間の容積を測定する容積測定手段としてポテンショメータ P 1 ～P 1 7 や、アクチュエータ A 1 ～A 1 7 を適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、安全空間の定義に応じてこの他種々の手段を広く適用することができる。例えば安全空間がユーザや外部物体までの空間である場合には、当該ユーザや外部物体までの距離を計測する距離センサ等を適用することができる。

##### 【0 1 3 4】

さらに上述の実施の形態においては、危険状況検出手段により検出された危険状況及び第 2 のセンサ手段により測定された安全空間の容積に応じて、所定の対処動作を実行するための制御処理を行う制御手段としての安全監視部 7 3 を行動決定部 7 1 と別個に設けるようにした場合について述べたが、かかる安全監視部



7 3 の機能を行動決定部 7 1 にもたせるようにしても良い。

#### 【0 1 3 5】

さらに上述の実施の形態においては、危険状況に対して事後的に対処動作を行うようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、危険状況の発生を事前に検出し、これに応じた対処動作をロボット 1 に実行させるようにしても良い。また事前の対処として、例えば対人接触部位を安全な形状とし、形状そのものによって危険状況を未然に防ぐようにしても良い。

#### 【0 1 3 6】

##### 【発明の効果】

上述のように本発明によれば、ロボット装置において、安全空間における危険状況を検出する危険状況検出手段と、安全空間の容積を測定する容積測定手段と、危険状況検出手段により検出された危険状況及び第 2 のセンサ手段により測定された安全空間の容積に応じて、所定の対処動作を実行するための制御処理を行う制御手段とを設けるようにしたことにより、危険状況が発生したときや発生する前に、当該危険状況に応じた対処動作を実行することができ、かくして安全性を格段的に向上させ得るロボット装置を実現できる。

#### 【0 1 3 7】

また本発明によれば、ロボット装置の制御方法において、安全空間における危険状況を検出すると共に、安全空間の容積を測定する第 1 のステップと、検出した危険状況及び測定した安全空間の容積に応じて、所定の対処動作をロボット装置に実行させる第 2 のステップとを設けるようにしたことにより、危険状況が発生したときや発生する前に、当該危険状況に応じた対処動作をロボット装置に実行させることができ、かくして安全性を格段的に向上させ得るロボット装置の制御方法を実現できる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本実施の形態によるロボットの外觀構成を示す略線的な斜視図である。

##### 【図 2】

本実施の形態によるロボットの外觀構成を示す略線的な斜視図である。

**【図 3】**

ロボットの各関節機構部等における自由度の説明に供する概念図である。

**【図 4】**

ロボットの内部構成の説明に供するブロック図である。

**【図 5】**

ロボットの内部構成の説明に供するブロック図である。

**【図 6】**

行動生成に関するメイン制御部の処理内容の説明に供するブロック図である。

**【図 7】**

安全対策用のタッチセンサの配置位置の説明に供する正面図である。

**【図 8】**

安全対策用のタッチセンサの配置位置の説明に供する正面図である。

**【図 9】**

安全対策用のタッチセンサの配置位置の説明に供する背面図である。

**【図 1 0】**

安全監視処理手順を示すフローチャートである。

**【図 1 1】**

対処動作実行処理手順を示すフローチャートである。

**【図 1 2】**

安全空間容積と危険重度の関係を示す概念図である。

**【図 1 3】**

対象間距離と危険重度の関係を示す概念図である。

**【図 1 4】**

関節機構部の出力角度と危険重度の関係を示す概念図である。

**【図 1 5】**

安全空間の大きさと対処種別の相関を示す概念図である。

**【符号の説明】**

1 ……ロボット、5 A、5 B ……腕部ユニット、6 A、6 B ……脚部ユニット  
、2 0 ……肩関節機構部、2 4 ……肘関節機構部、3 6 ……股関節機構部、3 8

……膝関節機構部、4 1……足首関節機構部、5 0……メイン制御部、6 0 A、  
6 0 B……CCDカメラ、6 3……タッチセンサ、6 3 F<sub>1</sub>～6 3 F<sub>5</sub>……面接  
触スイッチ、6 3 T<sub>1</sub>～6 3 T<sub>4</sub>……タクトスイッチ、7 1……行動決定部、7  
3……安全監視部、A<sub>1</sub>～A<sub>17</sub>……アクチュエータ、P<sub>1</sub>～P<sub>17</sub>……ポテン  
シヨメータ、S 1 A……画像信号、S 1 C……圧力検出信号、S 2 C<sub>1</sub>～S 2 C  
17……角度検出信号、S 2 D<sub>1</sub>～S 2 D<sub>17</sub>……出力トルク検出信号。

【書類名】 図面

【図 1】

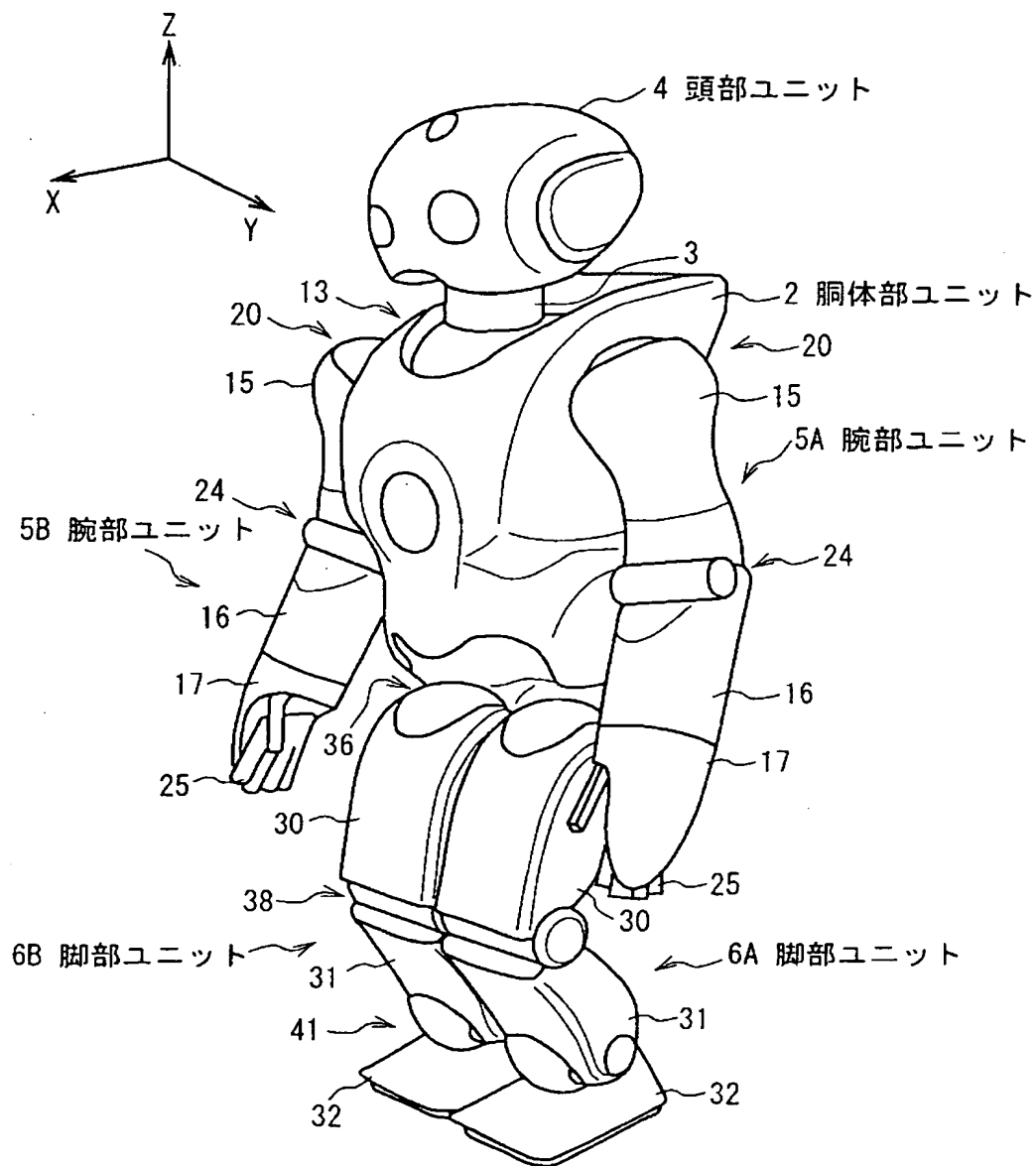


図 1 本実施の形態によるロボットの外觀構成 (1)

【図 2】

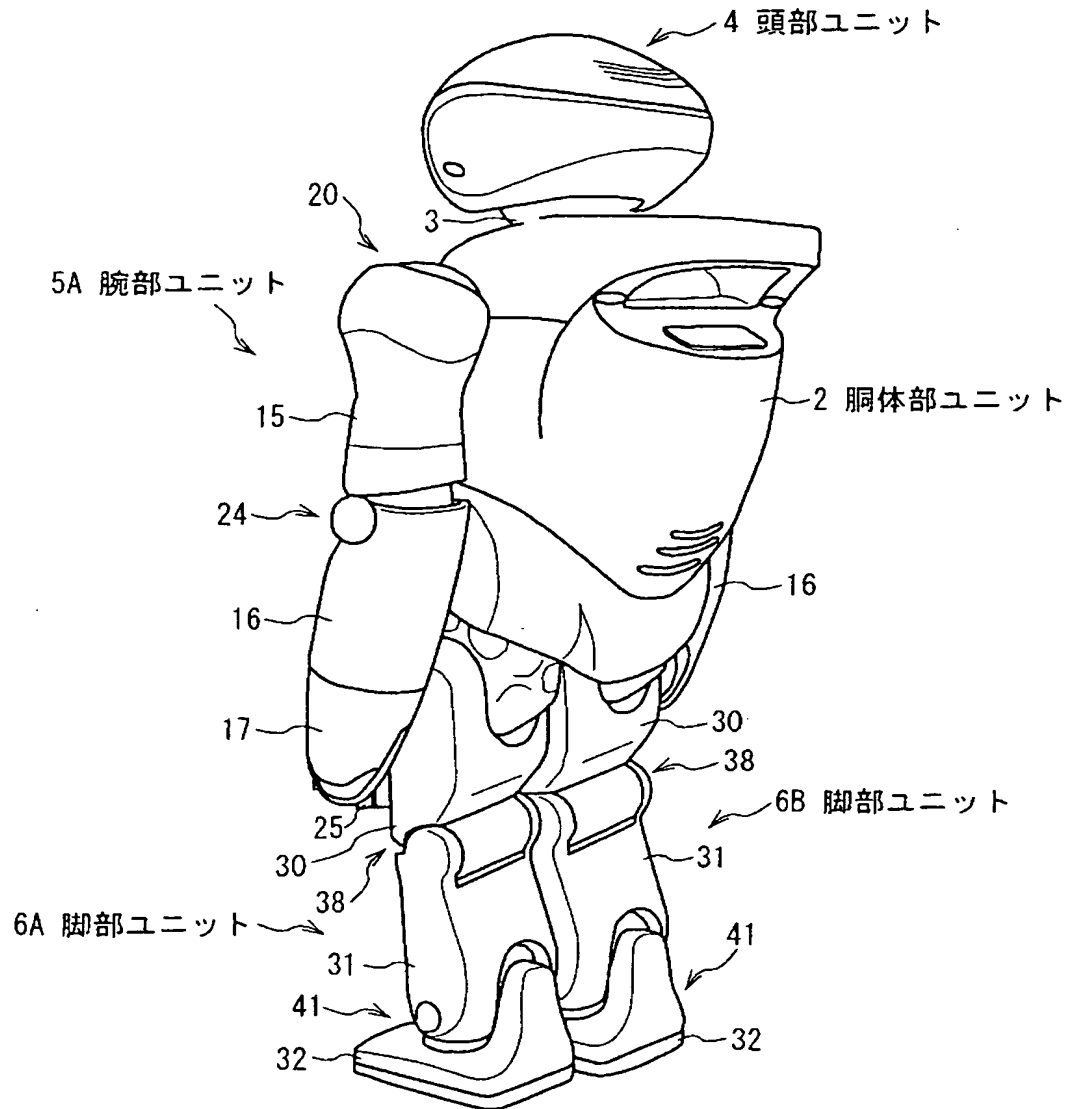
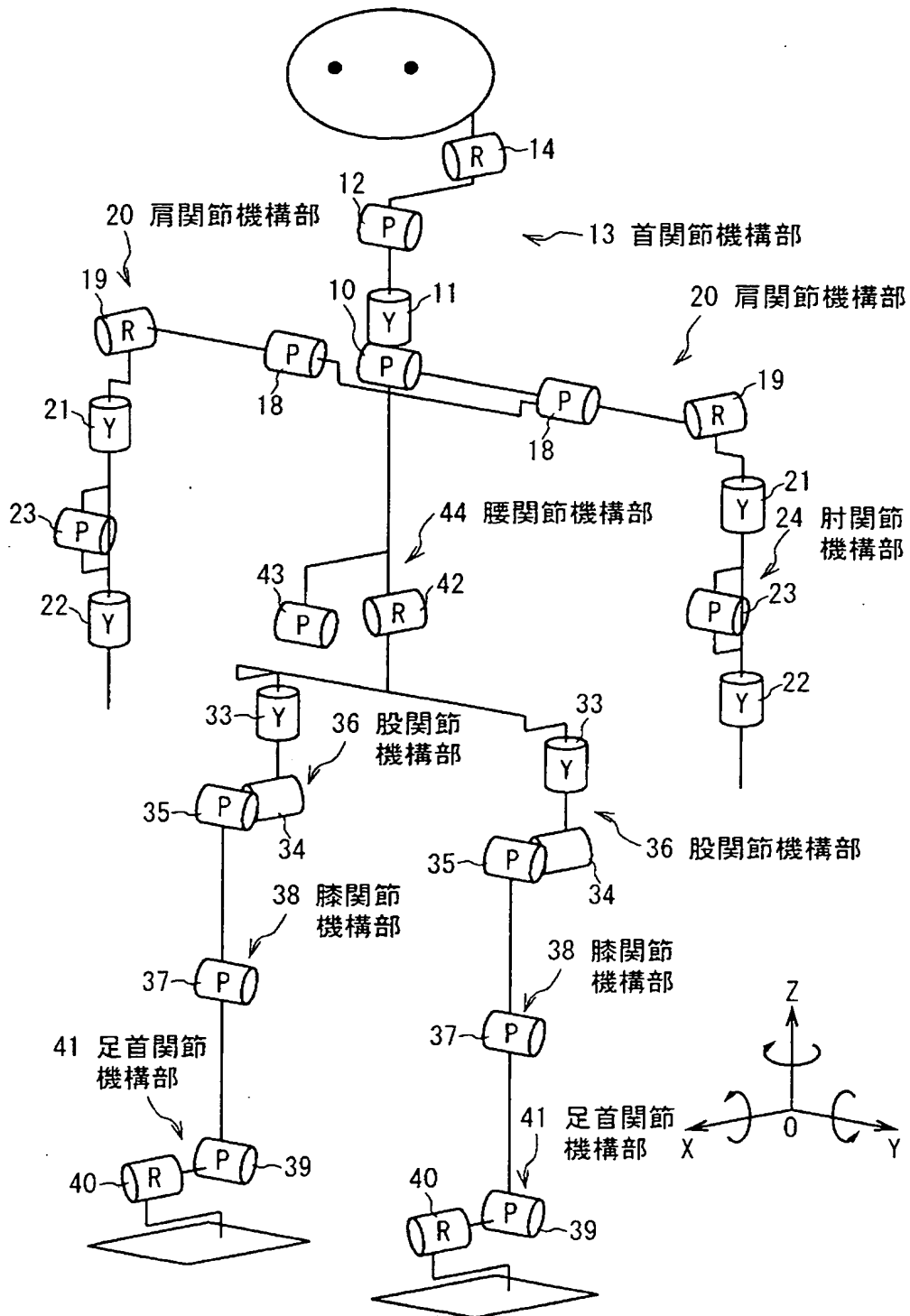


図 2 本実施の形態によるロボットの外観構成 (2)

【図 3】



【図 4】

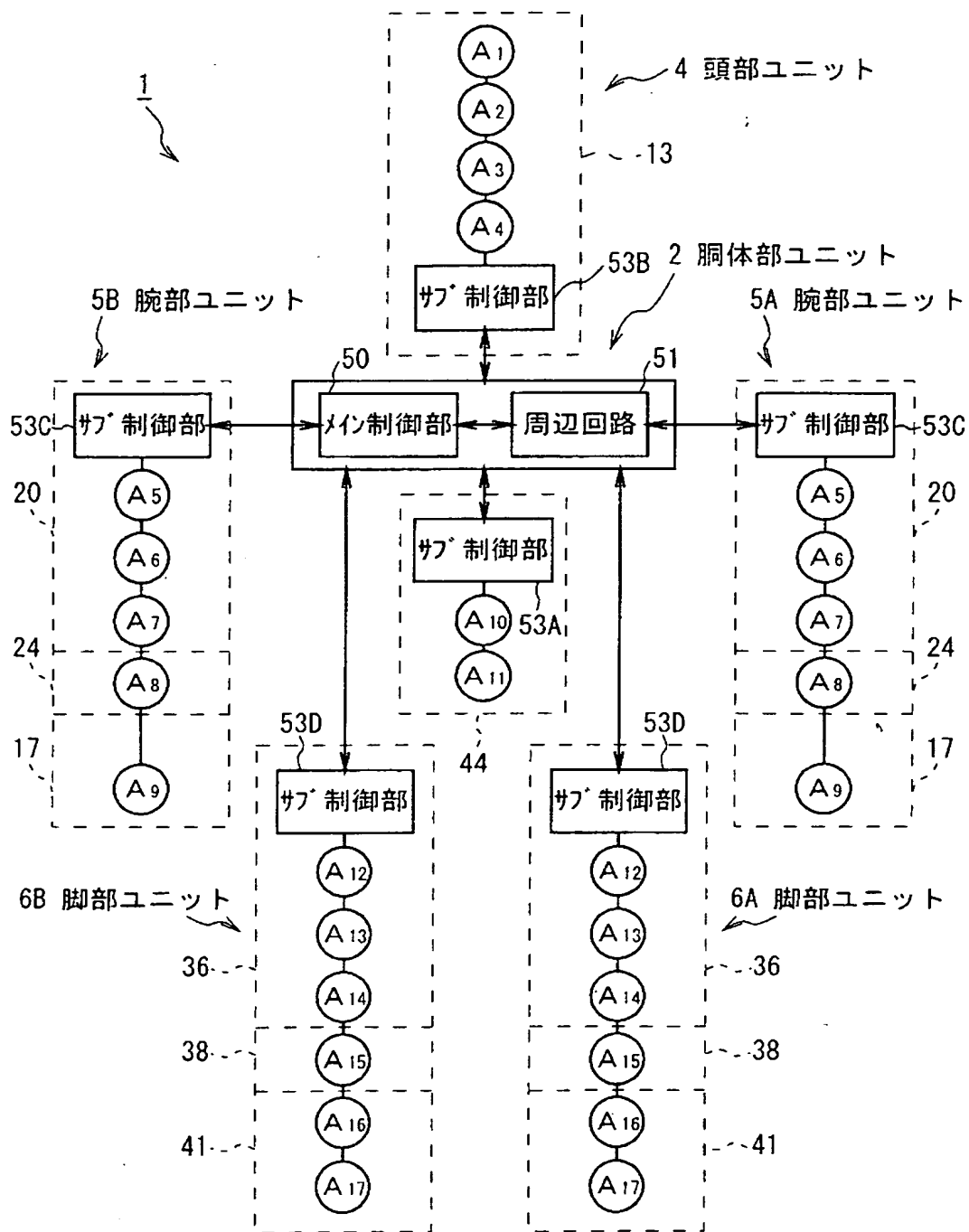


図 4 ロボットの内部構成 (1)

【図 5】

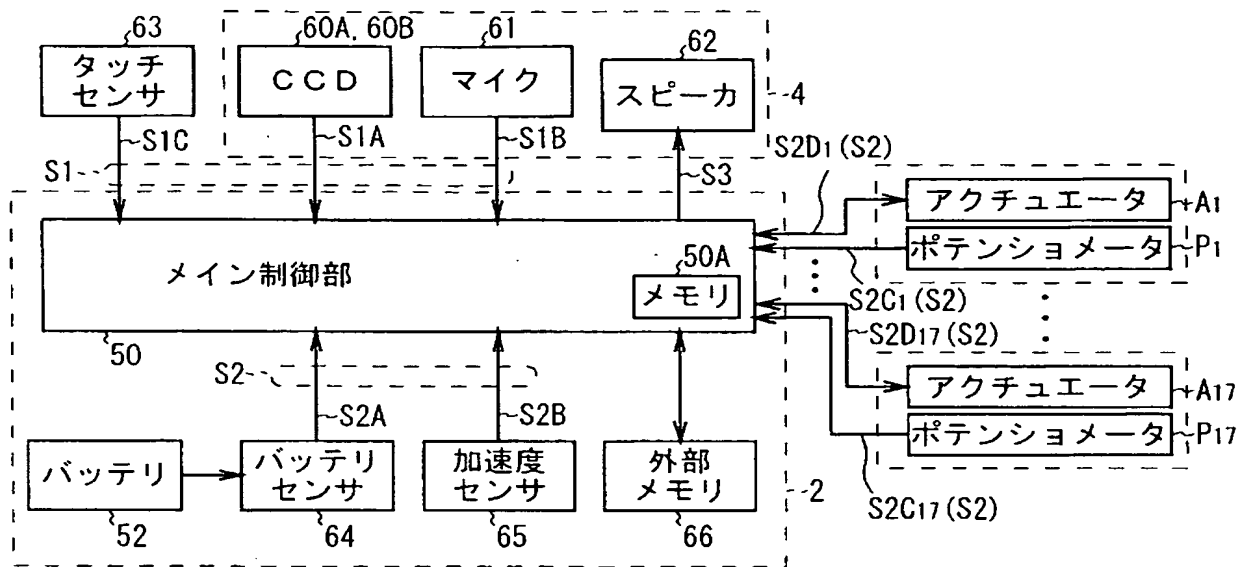


図 5 ロボットの内部構成 (2)

【図 6】

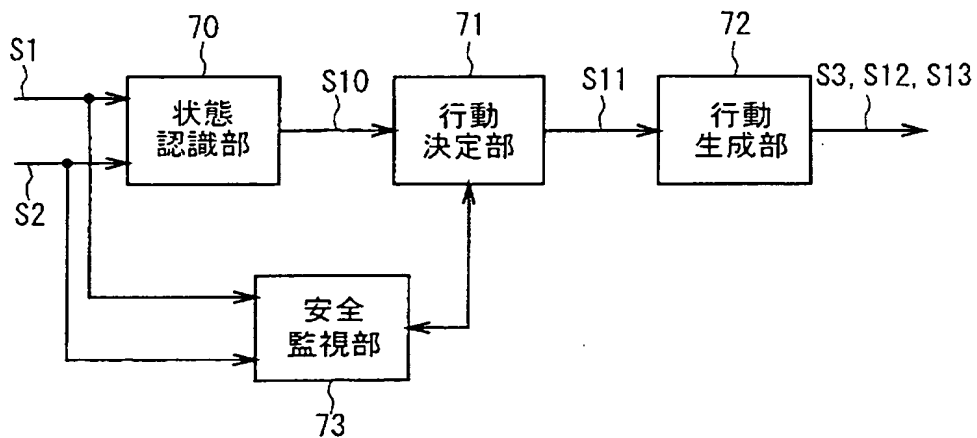


図 6 行動生成に関するメイン制御部の処理



【図 15】

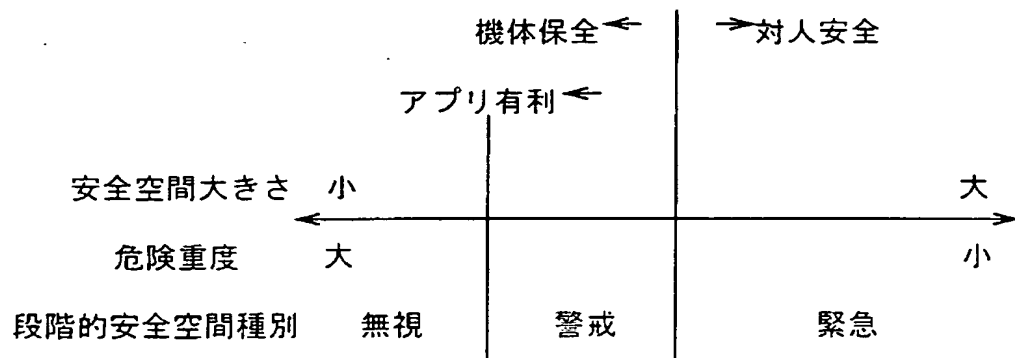


図 15 安全空間の大きさと対処種別の相関

【図 7】

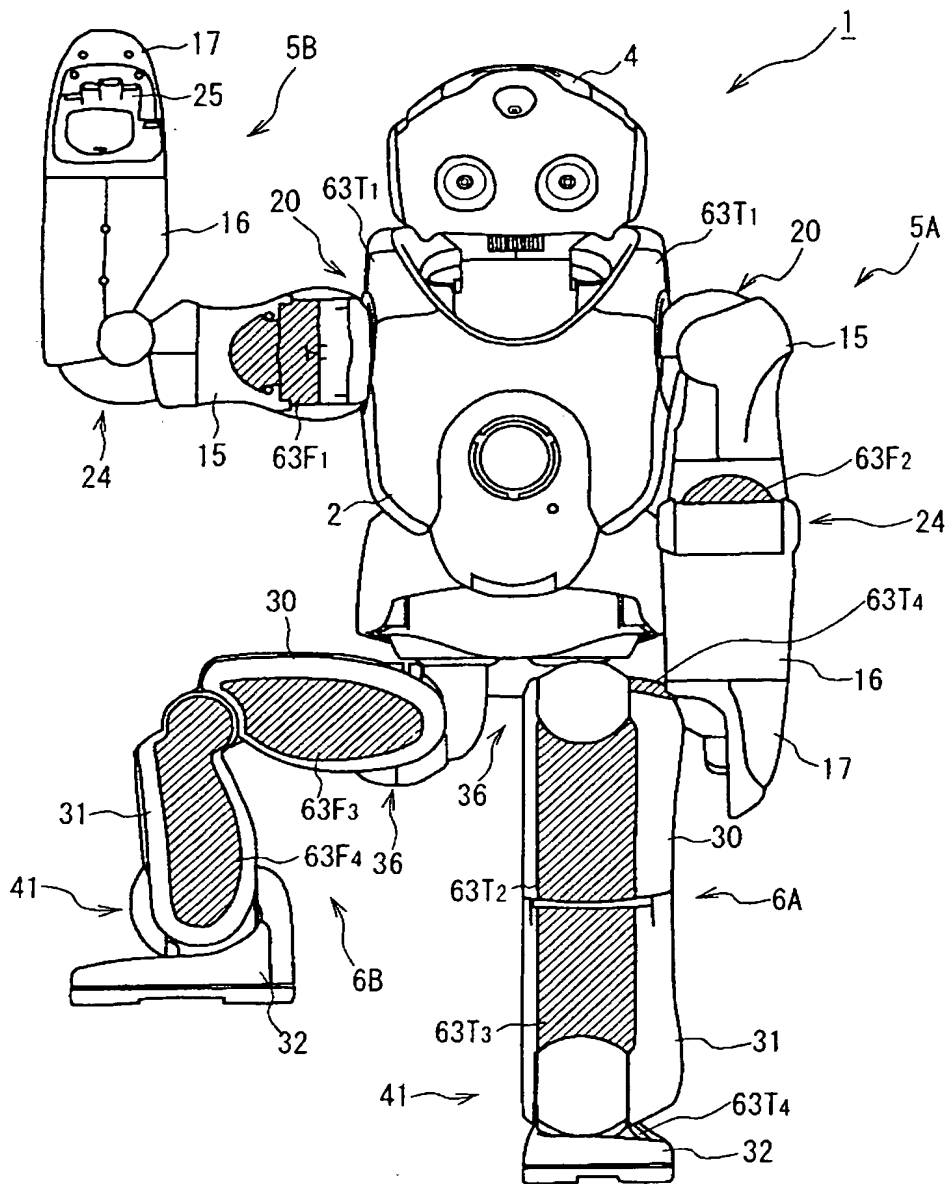


図 7 安全対策用のタッチセンサの配置位置 (1)

【図 8】

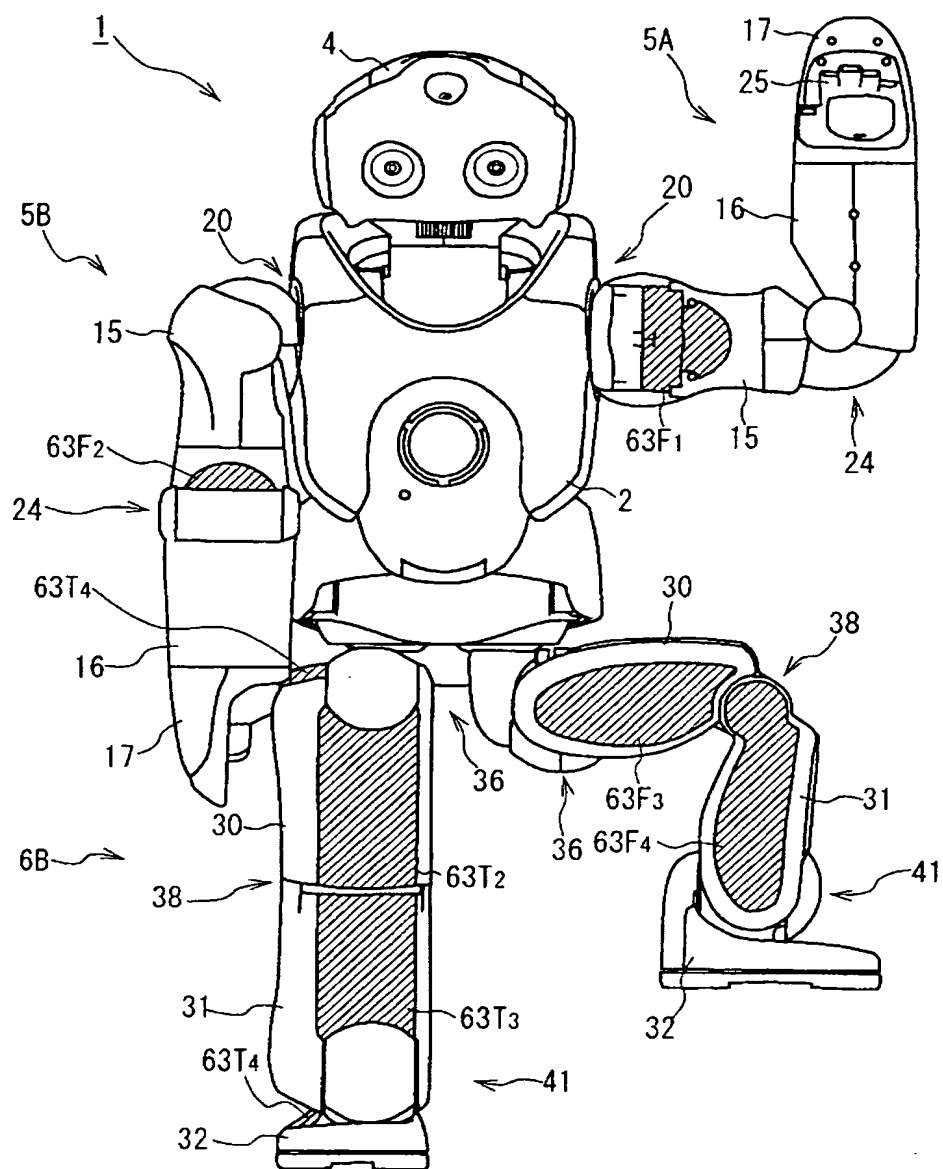


図 8 安全対策用のタッチセンサの配置位置 (2)

【図 9】

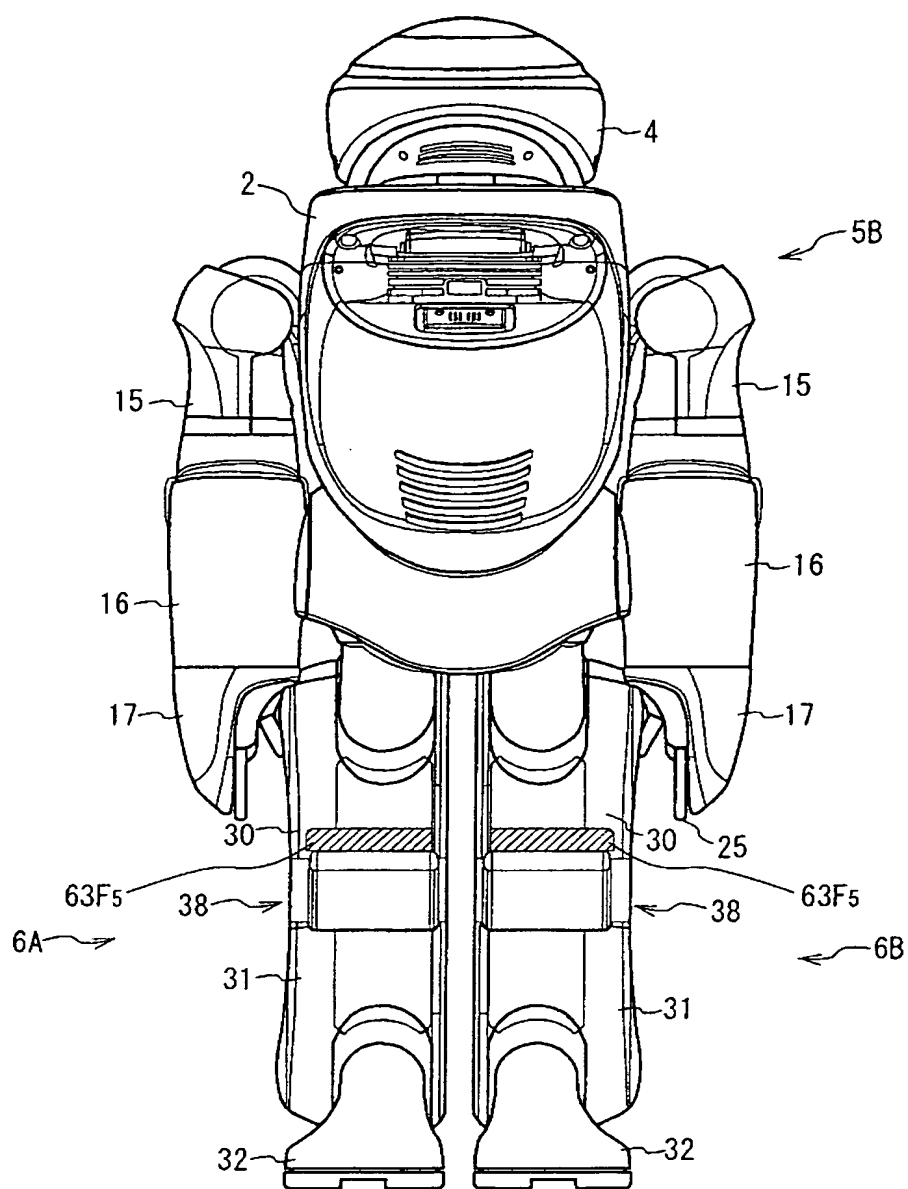


図 9 安全対策用タッチセンサの配置位置 (3)

【図 10】

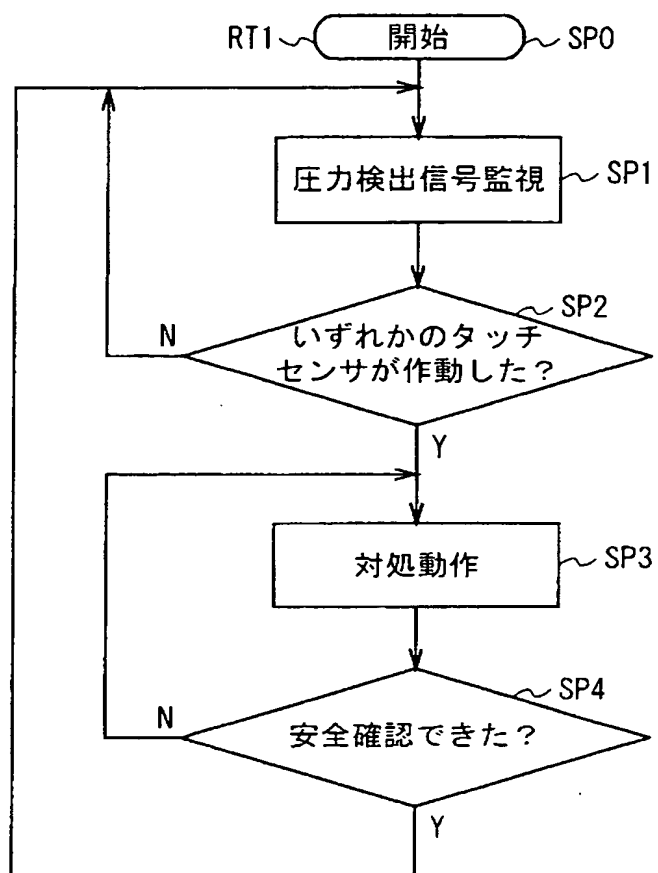


図 10 安全監視処理手順

【図 1 1】

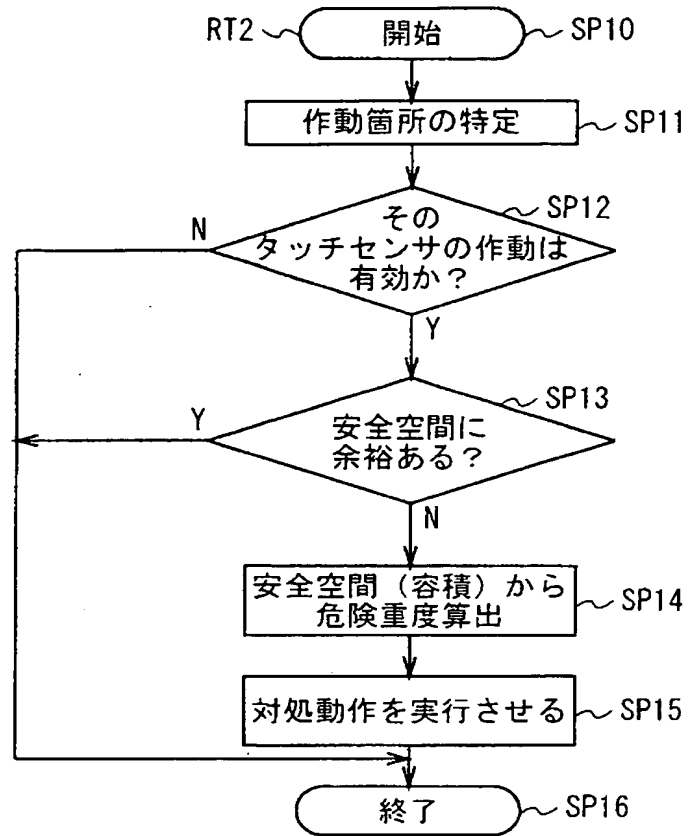


図 1 1 対処動作実行処理手順

【図 1 2】

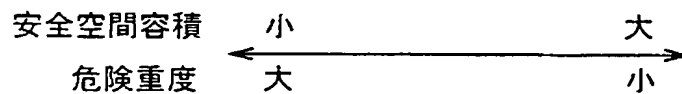


図 1 2 安全空間容積と危険重度との関係

【図 1 3】

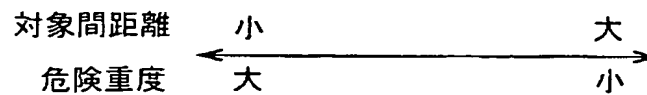


図 1 3 対象間距離と危険重度との関係

【図 1 4】

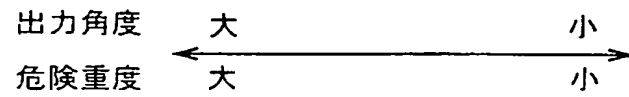


図 1 4    出力角度と危険重度との関係

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

自律移動型のロボット装置の安全性を格段的に向上させ得ることを目的とする。

【解決手段】

安全空間における危険状況を検出すると共に、安全空間の容積を測定し、危険状況が発生したときや発生する前に安全空間の容積に応じて、所定の対処動作をロボット装置に実行させるようにした。

【選択図】 図 6



特願 2 0 0 3 - 1 2 2 8 8 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社